

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 751 494

②1 N° d'enregistrement national : 97 09005

⑤1 Int Cl⁶ : H 04 B 7/19

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 16.07.97.

③0 Priorité : 18.07.96 US 683480.

⑦1 Demandeur(s) : MOTOROLA INC SOCIETE DE
DROIT DE L ETAT DU DELAWARE — US et
RAYTHEON COMPANY — US.

⑦2 Inventeur(s) : LOCKE JOHN, CHIAVACCI PAUL
ADRIAN, OLDS KEITH ANDREW et UPTON
JEFFREY C.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 23.01.98 Bulletin 98/04.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

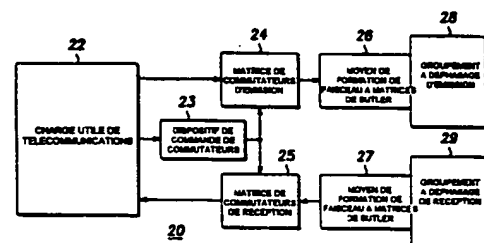
⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 SYSTEME DE SATELLITE DE TELECOMMUNICATIONS GEOSYNCHRONE DONT L'AIRE DE DESSERTE
PEUT ETRE RECONFIGUREE.

⑤7 Un système de satellite (20) géosynchrone à groupe-
ment à déphasage à faisceaux multiples émet des signaux
de radiofréquence à destination de la Terre et en reçoit. Le
système de satellite (20) possède des groupements à dé-
phasage d'émission (28) et de réception (29), des moyens
de formation de faisceaux (26 et 27), des matrices de com-
mutateurs (24 et 25), un dispositif de commande (23) de
commutateurs et une charge utile de télécommunications
(22). La couverture assurée par les faisceaux du système
de satellite (20) peut être reconfigurée alors que le satellite
est en orbite géosynchrone. Le système de satellite offre
des moyens, plus efficaces du point de vue du coût et du
poids, d'assurer des télécommunications dans les applica-
tions des satellites géosynchrones.



FR 2 751 494 - A1



La présente invention concerne de façon générale des systèmes de télécommunications par satellites et, plus particulièrement, un système de satellite de télécommunications géosynchrone doté d'une antenne dite à balayage électronique à faisceaux multiples qui est en mesure de reconfigurer une zone de desserte.

5 Tous les satellites en orbite terrestre géosynchrone (GSO) ont en commun deux caractéristiques importantes. Tout d'abord, ils restent approximativement fixes par rapport à la surface de la Terre ; et, en deuxième lieu, ils ont pratiquement un hémisphère entier dans leur champ de visée radio. La première de ces caractéristiques, le caractère géostationnaire, est ce qui donne son nom à
10 l'orbite géostationnaire, et elle a été complètement exploitée, puisque les premiers satellites ont été placés en GSO. Toutefois, l'exploitation du champ de visée hémisphérique a été gênée par ce qui pouvait être obtenu à l'aide des systèmes d'antennes pratiques.

Les systèmes de télécommunications par satellites classiques utilisent
15 des antennes qui forment chaque faisceau d'antenne à l'aide d'une structure d'alimentation spécialement prévue. Ces alimentations utilisent une technique de circuits d'hyperfréquence passifs (généralement des guides d'ondes) et elles sont donc relativement grandes et lourdes, au moins du point de vue des normes relatives aux satellites où la taille et le poids sont primordiaux. Traditionnellement,
20 on a réalisé des satellites GSO de manière à former un petit nombre de faisceaux pour exploiter leur immense champ de visée. Chaque faisceau couvrait une étendue de terres très importante, approchant souvent la couverture d'un continent tout entier en un seul faisceau. Puisque, par définition, un grand faisceau fournit un petit gain d'antenne (à savoir la directivité), ces grands faisceaux exigeaient la
25 présence d'émetteurs de puissance élevée sur le satellite et de très grandes antennes dans les stations terrestres fixes. Les antennes des terminaux terrestres vont de 4 à 5 mètres pour la bande Ka jusqu'à plusieurs dizaines de mètres pour les fréquences inférieures.

La tendance actuelle en matière de télécommunications par satellites
30 est aux très petits terminaux terrestres pour satellites (VSAT) et aux terminaux terrestres pour satellites extrêmement petits (USAT). Ces terminaux utilisent des antennes de petite taille et, par conséquent, à gain relativement faible. Pour diverses raisons pratiques (par exemple le coût, la sécurité, l'équilibre des liaisons montantes et descendantes), la plus grande partie du gain perdu des antennes des
35 terminaux terrestres ne peut pas être compensée à l'aide d'émetteurs d'une puissance supérieure. Le satellite doit compenser le gain perdu du terminal

terrestre par une augmentation du gain de l'antenne du satellite lui-même, ce qui, naturellement, réduit l'aire couverte par chaque faisceau.

Les techniques classiques en matière d'antennes se limitent, du fait de la taille et du poids disponibles, à un maximum d'environ 100 faisceaux, mais, 5 toutefois, un nombre beaucoup plus petit d'antennes est préférable. Ce n'est pas dû seulement à la taille et au poids de l'antenne et des structures d'alimentation, mais aussi à la taille, au poids et à la puissance des amplificateurs de puissance des émetteurs. Dans un système d'antenne classique, chaque faisceau possède un amplificateur de puissance spécialisé et, pour minimiser le nombre de faisceaux 10 nécessaires, ces amplificateurs fonctionnent à une puissance relativement élevée. Pour ces amplificateurs, on utilise typiquement des amplificateurs à tube à onde progressive (TWTA) malgré leur poids plus élevé et leur moindre fiabilité par comparaison avec les amplificateurs du type état solide.

La bande Ka (à savoir 20 GHz pour les liaisons descendantes et 15 30 GHz pour les liaisons montantes) demande de 500 à 1 000 faisceaux environ pour couvrir tout le champ de visée d'un satellite GSO, lorsque les faisceaux sont dimensionnés pour fonctionner avec des terminaux terrestres de faible puissance utilisant des antennes "submétriques" (c'est-à-dire en dessous du mètre). Puisqu'un système d'antenne de satellite classique pratique peut former environ 20 100 faisceaux, environ 10 % seulement du champ de visée peut être desservi. Ainsi, l'aire commerciale qui sera desservie doit être prédéterminée, puis l'antenne de satellite doit être conçue de manière particulière en fonction de la combinaison particulière de la position orbitale ("tranche") et de l'aire desservie. Une telle approche contient au moins quatre inconvénients. Tout d'abord, dans un marché 25 dynamique et incertain, le risque existe que l'emplacement de l'aire de desserte ait été choisi de manière incorrecte, ce qui entraîne des résultats financiers médiocres. En deuxième lieu, même si l'aire était initialement correcte, le risque existe que le marché évolue de façon que l'aire de demande de service se décale par rapport à l'aire choisie avant que le satellite ait atteint la fin de sa durée de vie utile. En 30 troisième lieu, des systèmes de réserve doivent être élaborés pour chaque combinaison de position orbitale et d'antenne (ce qui est très coûteux), ou bien les systèmes de réserve ne peuvent pas être réalisés avant qu'une défaillance survienne (ce qui conduit à des interruptions de service prolongées). Enfin, il y a augmentation des coûts conceptuels et réduction des économies d'échelle, puisque 35 chaque satellite doit être adapté de façon particularisée à sa tranche orbitale et à son aire de desserte particulières.

C'est pourquoi, il existe une forte demande pour un système de satellite géosynchrone permettant de réaliser des communications à partir d'une orbite géosynchrone, qui soit plus rentable du point de vue du coût et possède un moindre poids. De plus, ce qui est nécessaire, c'est une antenne à faisceaux multiples qui
5 offre la possibilité, alors que le satellite est en orbite, de configurer et de reconfigurer la couverture fournie par l'antenne vis-à-vis de régions particulières de la Terre.

La description suivante, conçue à titre d'illustration de l'invention, vise à donner une meilleure compréhension de ses caractéristiques et avantages ; elle
10 s'appuie sur les dessins annexés, parmi lesquels :

la figure 1 montre des faisceaux d'antenne relatifs à un satellite couvrant une partie de la Terre à l'intérieur de son champ de visée ;

la figure 2 est un schéma fonctionnel montrant les composants d'un satellite selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;

15 la figure 3 représente une petite section de grille carrée de la face rayonnante des groupements ;

la figure 4 représente une petite section de grille triangulaire de la face rayonnante des groupements ;

la figure 5 montre des composants de chaque élément actif d'un
20 groupement d'émission ;

la figure 6 montre des composants de chaque élément actif d'un groupement de réception ;

la figure 7 montre une partie d'un mode de réalisation d'un moyen de formation de faisceaux pour des faisceaux multiples ;

25 la figure 8 représente un réseau de huit moyens de formation de faisceaux à colonnes de 8 éléments et de huit moyens de formation de faisceaux à rangées de 8 éléments ;

la figure 9 représente un réseau de huit moyens de combinaison à colonnes de 8 éléments et de huit moyens de combinaison à rangées de
30 8 éléments ;

la figure 10 montre un ensemble 8 x 8 de faisceaux contigus qui sont formés par un réseau ; et

la figure 11 représente une partie d'un deuxième mode de réalisation d'un moyen de formation de faisceaux pour faisceaux multiples.

35 L'invention trouve son utilité dans le fait qu'un système de satellite géosynchrone évite les inconvénients énumérés ci-dessus en combinant la tech-

nique des groupements à déphasage (ou du balayage électronique) avec une commande et une commutation embarquées. Le système de satellite se caractérise par une combinaison unique de trois constituants : des antennes à balayage électronique d'émission et de réception actives dotées de moyens de formation de faisceaux multiples (par exemple des matrices de Butler); des matrices de commutateurs de sélection de faisceaux (une pour l'émission, une pour la réception); et un dispositif de commande de la sélection des faisceaux (commandé depuis le sol). L'homme de l'art comprendra que des moyens de formation de faisceaux pour faisceaux multiples peuvent comprendre tout moyen de formation de faisceaux qui forme des faisceaux orthogonaux multiples, comportant par exemple des moyens de formation de faisceaux à matrices de Butler (comme présentement décrit) et des moyens de formation de faisceaux à lentilles de Rotman. De plus, le satellite comporte une charge utile de télécommunications et un bus de satellite classique. La charge utile de télécommunications comporte une capacité d'affectation dynamique des canaux, si bien que cette capacité peut être déplacée d'un faisceau à un autre. Ceci améliore encore la capacité du système de satellite à reconfigurer les ressources appliquées à l'aire desservie.

La figure 1 montre des faisceaux d'antenne 12 d'un satellite couvrant une partie 10 de la Terre comprise à l'intérieur du champ de visée du satellite. Les faisceaux d'antenne 12 peuvent être sélectionnés pendant que le satellite est en orbite, pour assurer des communications actives avec des terminaux terrestres. Le disque terrestre 10 tel qu'on le voit depuis une orbite géosynchrone est d'environ $\pm 8,7^\circ$. Par conséquent, il faut environ 500 faisceaux ayant chacun une largeur de faisceau de $0,7^\circ$ pour couvrir entièrement le disque terrestre tel qu'il est vu depuis un satellite géosynchrone. Un satellite géosynchrone est un satellite qui est en orbite terrestre à une distance de 35 860 km et qui reste directement au-dessus d'un point assigné sur l'équateur de la Terre.

La figure 2 représente un schéma fonctionnel de composants 22 à 29 d'un système de satellite géosynchrone 20 selon un mode de réalisation préféré de l'invention. Les composants 22 à 29 ne sont que certains des nombreux composants qui constituent un satellite. Par exemple, il y a des composants de navigation permettant de positionner le satellite et des composants énergétiques permettant de produire et de maintenir la puissance nécessaire aux composants électroniques du satellite 20.

Comme représenté sur la figure 2, le système de satellite 20 est caractérisé par une charge utile de télécommunications 22, un dispositif de commande

de commutateurs 23, une matrice de commutateurs d'émission 24, une matrice de commutateurs de réception 25, des moyens 26 et 27 de formation de faisceaux à matrices de Butler, un groupement à déphasage 28 d'émission et un groupement à déphasage 29 de réception. La charge utile de télécommunications 22 reçoit L signaux de faisceaux actifs à destination de la matrice de commutateurs d'émission 24 et est responsable de la sélection d'instructions de faisceaux destinées au dispositif 23 de commande de commutateurs. Le dispositif de commande de commutateurs 23 reçoit des instructions de faisceaux sélectionnées de la part de la charge utile de télécommunications 22 et sélectionne N ports de faisceaux pour les moyens de formation de faisceaux 26 et 27 orthogonaux (par exemple une matrice de Butler). La matrice de commutateurs d'émission 24 reçoit L signaux de faisceaux actifs de la part des N ports de faisceaux (sélectionnés par le dispositif de commande de commutateurs 23) venant du moyen de formation de faisceaux 26 orthogonal (par exemple matrice de Butler) et du groupement à déphasage d'émission 28. La matrice de commutateurs de réception 25 reçoit des signaux de la part des N ports de faisceaux (sélectionnés par le dispositif de commande de commutateurs 23) en provenance du moyen de formation de faisceaux 27 orthogonal (par exemple matrice de Butler) et transmet L signaux de faisceaux actifs à la charge utile de télécommunications 22.

Le groupement à déphasage d'émission 28 et le groupement à déphasage de réception 29 sont chacun caractérisés par un groupement d'un certain nombre d'éléments. Le groupement à déphasage d'émission 28 est responsable de l'émission de signaux de radiofréquence (RF), tandis que le groupement à déphasage de réception 29 est responsable de la réception de signaux RF en provenance de la Terre. Les signaux RF peuvent être des données ou des signaux vocaux. Un groupement à déphasage à faisceaux multiples d'émission 28 se caractérise par un groupement d'un certain nombre d'éléments d'émission actifs. Un groupement à déphasage à faisceaux multiples de réception 29 se caractérise par un groupement d'un certain nombre d'éléments de réception actifs.

La figure 3 montre des éléments d'antenne individuels dans une grille carrée 30. Pour un groupement à déphasage d'émission 28, on utilise les éléments d'antenne d'émission individuels 32. Pour un groupement à déphasage de réception 29, on utilise des éléments de réception individuels. Le groupement à déphasage d'émission 28 ou le groupement à déphasage de réception 29 peut être positionné à l'intérieur d'une ouverture du groupement se trouvant à l'intérieur de la grille carrée

30 représentée sur la figure 3 ou dans une grille triangulaire 40 telle que représentée sur la figure 4.

La figure 3 montre une petite section de grille carrée 30 d'une face d'un groupement, la disposition des éléments rayonnants individuels étant suivant une grille carrée de colonnes et de rangées où chaque élément 32 occupe une section carrée 34 de l'aire du groupement total. La figure 4 montre une petite section de grille triangulaire 40 d'une face d'émission d'un groupement, la disposition des éléments rayonnants individuels étant suivant une grille triangulaire de colonnes et de rangées où chaque élément occupe une section hexagonale de l'aire du groupement total. (Sur les figures 3 et 4, seul un sous-ensemble 30, 40 de 64 éléments du groupement total 22 à N éléments est représenté). Le choix d'une grille d'éléments dépend de considérations relatives à l'encapsulation, à la gestion des problèmes thermiques et au champ de visée angulaire, comme cela est bien compris par l'homme de l'art.

Dans la configuration du groupement 30 (figure 3) ou dans celle du groupement 40 (figure 4), la directivité de l'ouverture du groupement est définie comme étant N fois la directivité d'un unique élément 32 ou 42 du groupement, où N est le nombre d'éléments 32 ou 42 et la directivité d'un élément unique est $4\pi A_e / \lambda^2$. Ici, l'aire A_e de l'élément 34 ou 44 est l'aire d'un carré individuel 34 de la figure 3 ou d'un hexagone individuel 44 de la figure 4. λ désigne la longueur d'onde de la fréquence de porteuse pour laquelle le groupement est conçu (par exemple 20 GHz pour un groupement d'émission et 30 GHz pour un groupement de réception).

Pour des ouvertures de groupement sensiblement circulaires, la largeur angulaire, à la frontière à - 4 dB, de chacun des faisceaux formés par le groupement vaut environ $67 \lambda/D$ degrés et les faisceaux contigus sont placés sur des centres distants de $57 \lambda/D$ degrés. Puisque l'émission et la réception s'effectuent sur des fréquences, ou des longueurs d'onde, différentes, les groupements d'émission et de réception doivent avoir des diamètres différents afin que les paires de faisceaux d'émission/réception aient la même aire de desserte.

La figure 5 représente l'un des éléments d'émission individuels 50 du groupement à déphasage d'émission 28, qui est caractérisé par un élément rayonnant 51 et un module d'émission actif 54. L'élément rayonnant 51 est caractérisé par un radiateur passif 52, qui est couplé à un réseau de polarisation commandé par ordinateur 53 placé dans le module d'émission actif 54 offrant la possibilité de reconfigurer la polarisation du faisceau en orbite. L'élément rayonnant 51 et le

réseau de polarisation 53 sont fournis sur le marché commercial par divers vendeurs et sont bien connus de l'homme de l'art.

Le module d'émission 54 est caractérisé par un réseau 53 de commutation de polarisation commandé par ordinateur, un isolateur 56, un amplificateur de puissance linéaire 57 à circuit intégré hyperfréquence monolithique (MMIC), un déphaseur commandé par ordinateur 58 et un atténuateur commandé par ordinateur 59. Comme représenté sur la figure 5, le réseau de polarisation 53 est couplé à l'isolateur 56, lui-même étant couplé à l'amplificateur de puissance du type état solide 57. L'amplificateur 57 est couplé au déphaseur actif 58, lequel est couplé à l'atténuateur actif 59. L'atténuateur 59 est couplé à l'entrée RF. Le déphaseur 58 et l'atténuateur 59 (qui sont également des MMIC) sont prévus pour assurer la commande de phase et d'amplitude pour la compensation et l'étalonnage de chaque trajet RF dans l'antenne à balayage électronique à faisceaux multiples. Un ordinateur disposé quelque part sur le satellite géosynchrone envoie des instructions à des circuits d'excitation disposés à l'intérieur de composants du réseau 53, du déphaseur 58 et de l'atténuateur 59 de manière à provoquer des modifications de la polarisation, de la phase ou de l'atténuation selon ce qui est déterminé comme nécessaire par l'équipement de contrôle embarqué. Les composants du module d'émission actif 54 sont proposés sur le marché commercial par les sociétés Raytheon, Texas Instruments, et autres, et sont bien connus de l'homme de l'art.

La figure 6 représente l'un des éléments de réception individuels 60 d'un groupement à déphasage de réception 29, qui est caractérisé par un élément de réception 61 et un module de réception actif 64. L'élément de réception 61 comporte un radiateur passif 62 qui est couplé à un réseau de polarisation, commandé par ordinateur, 63, placé dans le module de réception actif 64 qui assure, en orbite, la reconfiguration de la polarisation des faisceaux. L'élément de réception 61 est proposé sur le marché commercial par divers vendeurs et est bien connu de l'homme de l'art.

Le module de réception 64 est caractérisé par un réseau 63 de commutation de polarisation commandé par ordinateur, un circuit limiteur/protecteur 66 assurant la protection contre des signaux d'interférence de niveau élevé, un amplificateur de réception à faible bruit 67 du type MMIC, un déphaseur 68 commandé par ordinateur et un atténuateur 69 commandé par ordinateur. Comme on peut le voir sur la figure 6, le réseau de polarisation 63 est couplé au circuit limiteur/protecteur 66, lequel est couplé à l'amplificateur de réception de type état solide à faible bruit 67. L'amplificateur 67 est couplé au déphaseur actif 68, lui-même

couplé à l'atténuateur actif 69. L'atténuateur 69 est couplé à une sortie RF. Le déphaseur 68 et l'atténuateur 69 (qui sont également des dispositifs du type MMIC) sont prévus pour assurer la commande de phase et d'amplitude en liaison avec la compensation et l'étalonnage de chaque trajet RF empruntant l'antenne à balayage électronique à faisceaux multiples. Un ordinateur disposé quelque part sur le satellite géosynchrone envoie des instructions à des circuits d'excitation compris à l'intérieur de composants du réseau 63, du déphaseur 68 et de l'atténuateur 69 de manière à provoquer des modifications de la polarisation, de la phase ou de l'atténuation selon ce qui est déterminé comme nécessaire par l'équipement de contrôle embarqué. Les composants du module de réception actif 64 sont fournis sur le marché commercial par les sociétés Raytheon, Texas Instruments, et autres, et sont bien connus de l'homme de l'art.

La figure 7 représente une partie d'un mode de réalisation du moyen de formation de faisceaux à faisceaux multiples 26 ou 27 (figure 2). Comme on peut le voir sur la figure 7, une partie de chaque moyen de transformation de faisceaux 26 ou 27 est une alimentation à matrice de Butler (qui est bien connue de l'homme de l'art) formant 8 faisceaux à l'aide de 8 éléments rayonnants. Les entrées du réseau 70 de la figure 7 sont constituées par l'ensemble des sorties des éléments d'émission ou des éléments de réception se trouvant dans une colonne du groupement à déphasage d'émission 28 ou du groupement à déphasage de réception 29 (figure 2). Le faisceau disponible sur chaque port de faisceau de sortie est un faisceau en éventail qui est étroit suivant la dimension associée à la longueur de la colonne d'éléments et qui est large suivant la dimension associée à la largeur d'un unique élément. Un exemple à 8 entrées du réseau 70 est présenté de façon détaillée sur la figure 8. Comme on peut le voir sur la figure 8, chaque moyen de formation de faisceaux à matrice de Butler 26 ou 27 est caractérisé par un certain nombre de coupleurs hybrides 82 et de déphaseurs fixes 84. La configuration de la matrice de Butler 70 représentée sur la figure 8 est bien connue de l'homme de l'art.

Lorsqu'un réseau 70 tel que représenté sur la figure 7 est connecté à chaque colonne d'éléments d'un groupement à déphasage d'émission 28 ou d'un groupement à déphasage de réception 29 et qu'un réseau analogue est connecté à chaque rangée des ports de faisceaux de colonnes, des faisceaux très étroits (pinceaux) sont formés. Ces pinceaux sont contigus, en contact entre eux au niveau des points à - 4 dB et, si le groupement à déphasage d'émission 28 ou le groupement à déphasage de réception 29 était dirigé vers la Terre, il couvrirait la partie de la Terre indiquée sur la figure 1.

Sur la figure 9, est présenté un réseau 90 servant à combiner un groupement de 64 éléments à 8 colonnes et 8 rangées. Ce réseau forme l'ensemble 8 x 8 de faisceaux représenté sur la figure 10.

Une variante de l'opération de formation de faisceaux qui consiste à former tous les faisceaux nécessaires à la couverture de la Terre, puis à sélectionner M de ces faisceaux pour les activer, consiste à faire appel à une mise en oeuvre dans laquelle seuls M faisceaux sont formés, chacun d'eux étant toutefois individuellement orientable sur toute position de la surface de la Terre. Le réseau destiné à prendre la place du réseau de formation de faisceaux décrit sur les figures 7, 8 et 9 est partiellement représenté sur la figure 11. Ici, les modules actifs (figures 5 et 6) de chaque élément du groupement à déphasage d'émission 28 ou du groupement à déphasage de réception 29 sont suivis par un réseau séparateur/combineur "1 à M", désigné par la référence 100, où M est le nombre de faisceaux à mettre en oeuvre. A chacune des M sorties du réseau séparateur/combineur 100, se trouve un déphaseur 102 commandé par ordinateur. L'un des M déphaseurs 102 de chacun des N éléments du groupement est ensuite connecté à un combineur/séparateur "N à 1" afin de former un faisceau orientable individuellement. Ainsi, $M \times N$ déphaseurs sont nécessaires dans cette forme de mise en oeuvre.

Dans l'une ou l'autre forme de mise en oeuvre du réseau de formation de faisceaux, les circuits hyperfréquences sont à faible puissance par nature et peuvent être fabriqués à l'aide de techniques d'intégration à très grande échelle afin de minimiser le poids et le coût. Le coût global de l'antenne de télécommunications à balayage électronique à faisceaux multiples du type état solide et des amplificateurs de puissance d'émission du type à faible puissance qui sont répartis sur la face de l'antenne sera inférieur à celui de l'approche traditionnelle utilisant un réflecteur à cornet rayonnant et un émetteur TWTA de forte puissance. De plus, le dispositif décrit selon l'invention aura un moindre poids et permettra la reconfiguration des faisceaux en orbite.

Un des points importants du système de satellite 20 est que les groupements à déphasage 28 et 29 et les matrices de Butler 26 et 27 forment un groupement régulier de faisceaux d'antenne potentiels qui couvrent le champ de visée hémisphérique tout entier du satellite 20. Les matrices de commutateurs 24 et 25 sélectionnent celui de ces faisceaux qui sera actif à un moment particulier. De cette manière, un seul type conceptuel de satellite peut être utilisé pour toutes les positions de tranche orbitale/aire de desserte, si bien que les inconvénients ci-dessus énumérés sont tous évités.

Des faisceaux sont commutés et des canaux sont réaffectés entre les faisceaux à chaque fois que l'aire de desserte d'un satellite doit être modifiée. Ceci peut avoir lieu pour les raisons suivantes. (1) Configuration initiale en orbite ; (2) modification de l'aire desservie par un satellite particulier dans une tranche donnée, par exemple pour desservir un nouveau marché ; (3) changements journaliers programmés permettant de suivre la demande de pointe du marché, ceci concernant principalement des modifications des affectations de canaux, même si, pour certains systèmes (par exemple des programmes éducatifs), des changements complets peuvent avoir lieu en ce qui concerne les faisceaux ; (4) configuration d'un système de réserve lorsque celui-ci est destiné à remplacer un satellite tombé en panne (on note que le système de réserve peut être mis en place en orbite en l'absence de toute connaissance de la tranche dans laquelle il sera finalement nécessaire) ; (5) reconfiguration temporaire de la zone de desserte d'un satellite dans le but de remplacer la desserte effectuée par un satellite tombé en panne ; et (6) passage d'un satellite d'une tranche à une autre dans le but de modifier son aire de desserte.

L'homme de l'art aura compris que l'invention offre un moyen plus rentable sur le plan des coûts d'assurer des télécommunications dans des applications de satellites géosynchrones. Le groupement à déphasage porté par le satellite 20 est d'une utilisation plus souple qu'un système d'antenne du type réflecteur parabolique excité par cornet rayonnant.

En plus des avantages ci-dessus énumérés, la capacité de reconfiguration du système 20 offre la possibilité unique d'affecter dynamiquement la capacité de pointe à partir de GSO utilisant une couverture multiple de l'aire de desserte depuis des tranches différentes. Dans cette configuration de fonctionnement, un certain satellite couvre une région "A" et un deuxième satellite couvre une région "B" à partir de la même tranche ou d'une tranche différente. Un troisième satellite couvre les parties encombrées de la région "A" et les parties encombrées de la région "B" à partir d'une tranche différente de celles des deux premiers satellites. Ce satellite "de pointe" pourrait réaliser une reconfiguration de manière très dynamique afin de desservir les aires de pointe tandis que les autres satellites assurent la couverture de base.

Le système de satellite à balayage électronique du type GSO 20 possède au moins deux avantages supplémentaires. Tout d'abord, le groupement à déphasage est, par nature, plus fiable qu'une approche par TWTA en raison de la capacité qu'il offre de supporter une "défaillance partielle". En deuxième lieu,

l'approche par groupement à déphasage autorise des faisceaux plus petits, qui demandent eux-mêmes une moindre puissance d'émission. Cette économie de puissance sert à compenser la moindre efficacité du groupement à déphasage et à autoriser une plus grande charge utile ou l'incorporation d'un plus grand nombre de faisceaux si cela est nécessaire. L'utilisation de faisceaux plus petits permet également à un terminal terrestre de faire appel à des antennes plus petites et à une moindre puissance d'émission, ce qui améliore la viabilité commerciale du système.

Bien entendu, l'homme de l'art sera en mesure d'imaginer, à partir des systèmes dont la description vient d'être donnée à titre simplement illustratif et nullement limitatif, diverses variantes et modifications ne sortant pas du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Système de satellite (20), caractérisé par :
 - un groupement d'éléments (28), où chaque élément est en mesure
 - 5 d'émettre des signaux à partir du système de satellite (20) en orbite géosynchrone ;
 - un moyen de formation de faisceaux (26) couplé au groupement d'éléments (28) ;
 - une matrice de commutateurs d'émission (24) couplée au moyen de formation de faisceaux (26) via une pluralité de ports de faisceaux ; et
 - 10 un dispositif de commande de commutateurs (23) couplé à la matrice de commutateurs d'émission (24), qui est en mesure de sélectionner certains ports de faisceaux.
2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque élément du groupement d'éléments (28) occupe une section carrée dans une grille
- 15 carrée de l'une parmi plusieurs colonnes et rangées.
3. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque élément du groupement d'éléments (28) occupe une section hexagonale dans une grille triangulaire de l'une parmi plusieurs colonnes et rangées.
4. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque élément
- 20 ment du groupement d'éléments (28) comprend :
 - un élément rayonnant (51) ; et
 - un module d'émission actif (54) couplé à l'élément rayonnant (51).
5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'élément rayonnant (51) comprend un radiateur passif (52).
- 25 6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que le module d'émission actif (54) comprend :
 - un réseau de commutation de polarisation (53) qui est en mesure de reconfigurer la polarisation des faisceaux tandis que le satellite (20) est en orbite géostationnaire ;
 - 30 un isolateur (56) couplé au réseau de commutation de polarisation (53) ;
 - un amplificateur de puissance linéaire (57) couplé à l'isolateur (56) ;
 - un déphaseur (58) couplé à l'amplificateur de puissance linéaire (57) ;
 - et
 - 35 un atténuateur (59) couplé au déphaseur (58).

7. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen de formation de faisceaux (26) comporte une matrice de Butler (70).

8. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que la matrice de Butler (70) comprend :

- 5 une pluralité de coupleurs hybrides (82) ; et
 une pluralité de déphaseurs (84) couplés à certains des coupleurs hybrides (82).

9. Système de satellite (20), caractérisé par :

- un groupement d'éléments (29), où chaque élément est en mesure de
10 recevoir des signaux dans le système de satellite (20) en orbite géosynchrone ;
 un moyen de formation de faisceaux (27) couplé au groupement d'éléments (29) ;

 une matrice de commutateurs de réception (25) couplée au moyen de formation de faisceaux (27) via une pluralité de ports de faisceaux ; et

- 15 un dispositif de commande de commutateurs (23) couplé à la matrice de commutateurs de réception (25), qui est en mesure de sélectionner certains des ports de faisceaux.

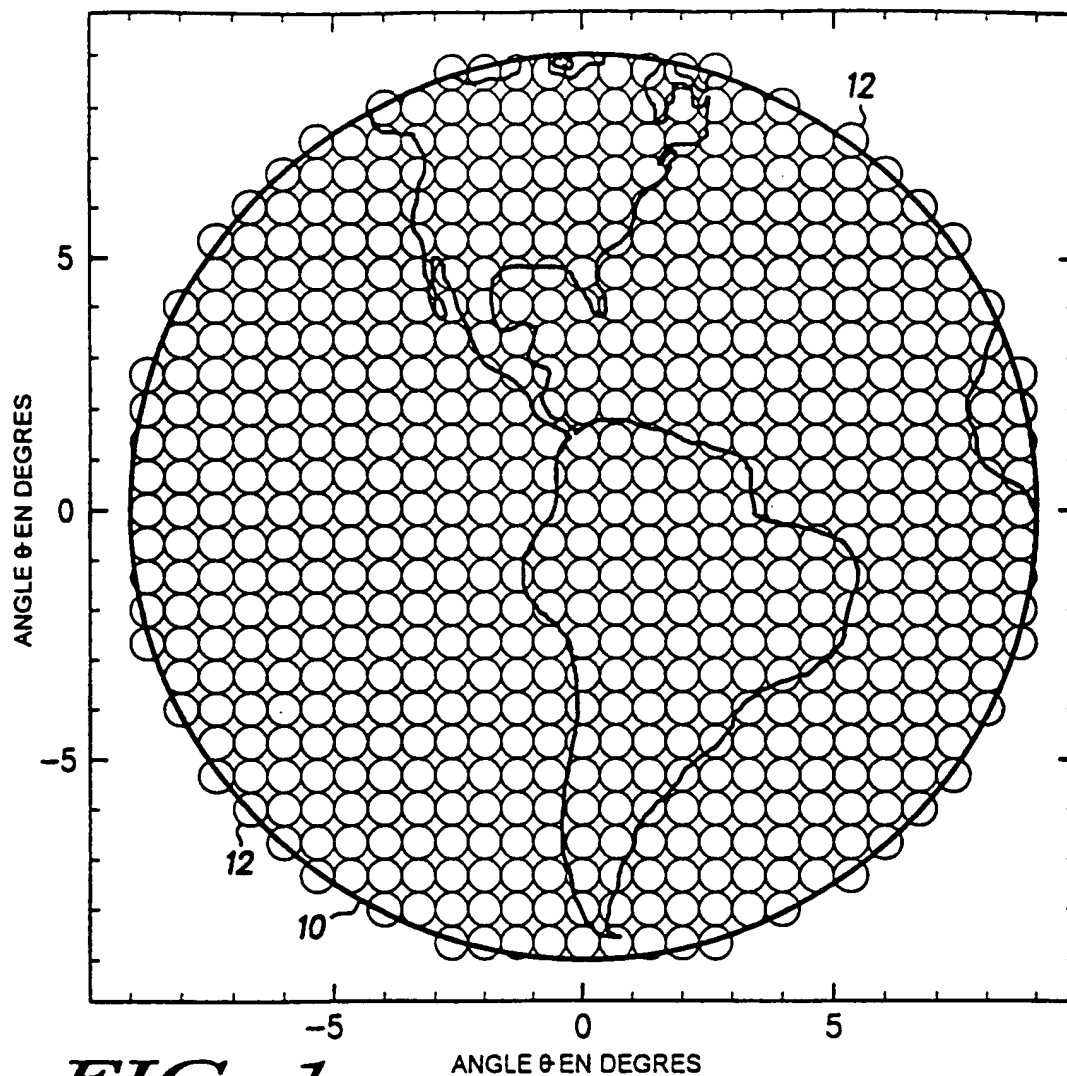
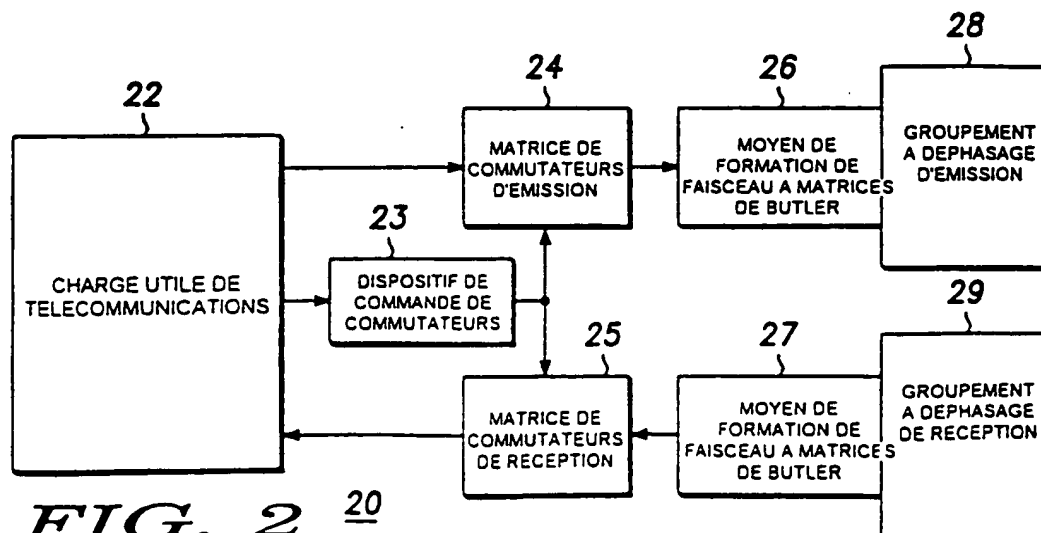
10. Satellite (20), caractérisé par :

- un groupement à déphasage d'émission (28) formé d'éléments
20 d'émission (51), où chaque élément d'émission (51) est en mesure d'émettre des signaux depuis le satellite (20) en orbite géosynchrone ;

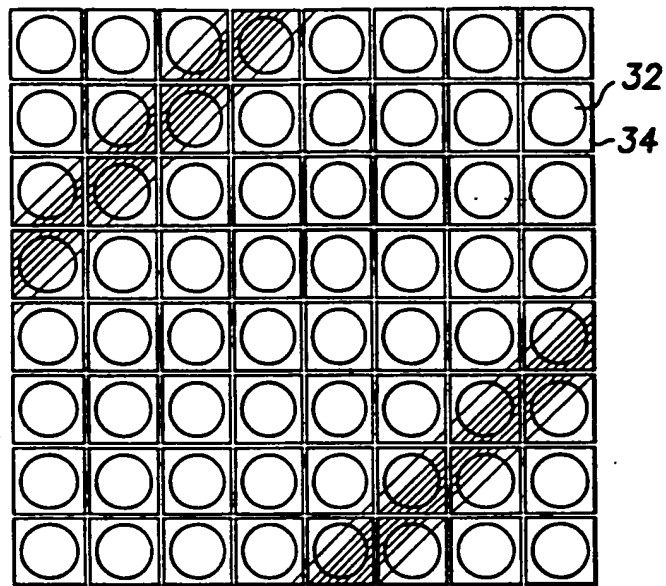
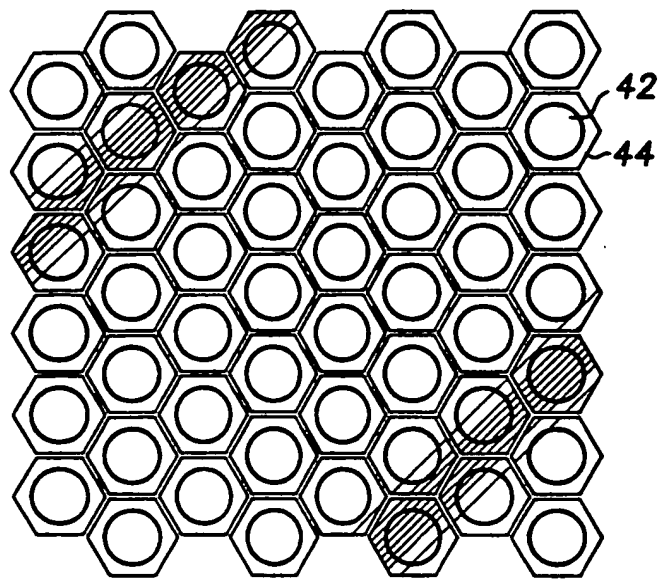
 un groupement à déphasage de réception (29) formé d'éléments de réception (61), où chaque élément de réception (61) est en mesure de recevoir des signaux dans le satellite (20) en orbite géosynchrone ; et

- 25 un dispositif de commande de commutateurs (23) couplé au groupement à déphasage d'émission (28) et au groupement à déphasage de réception (29), et pouvant sélectionner certains des éléments d'émission (51) et certains des éléments de réception (61).

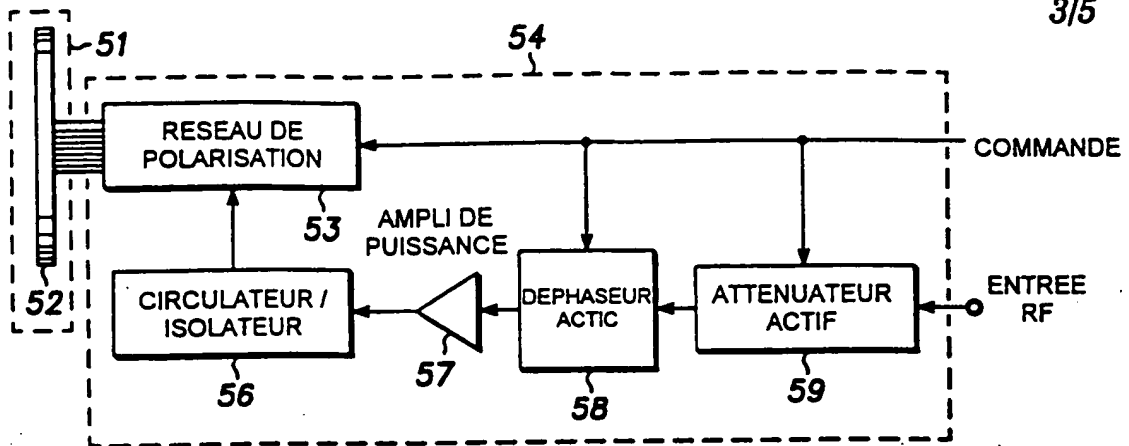
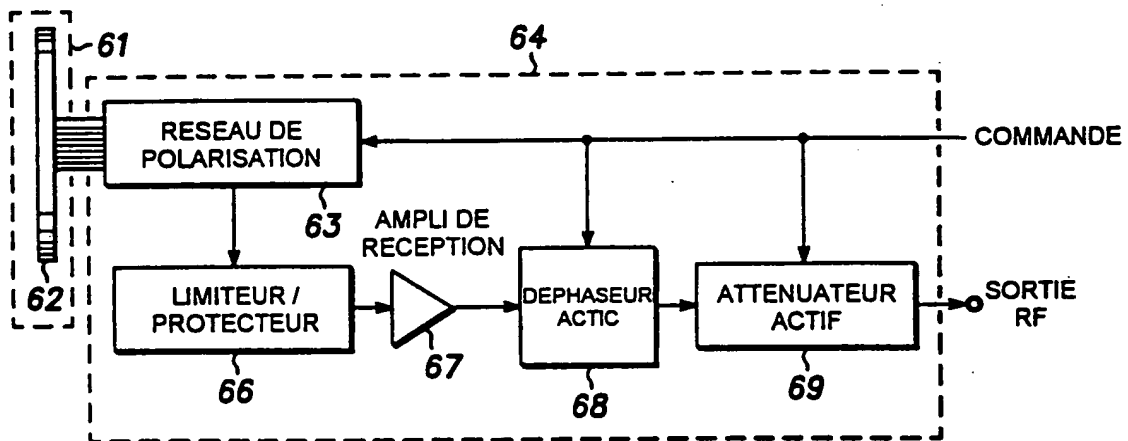
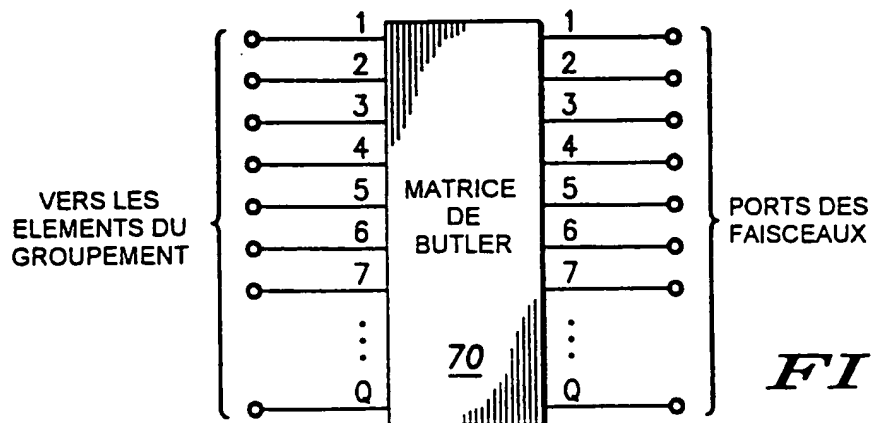
1/5

**FIG. 1****FIG. 2** 20

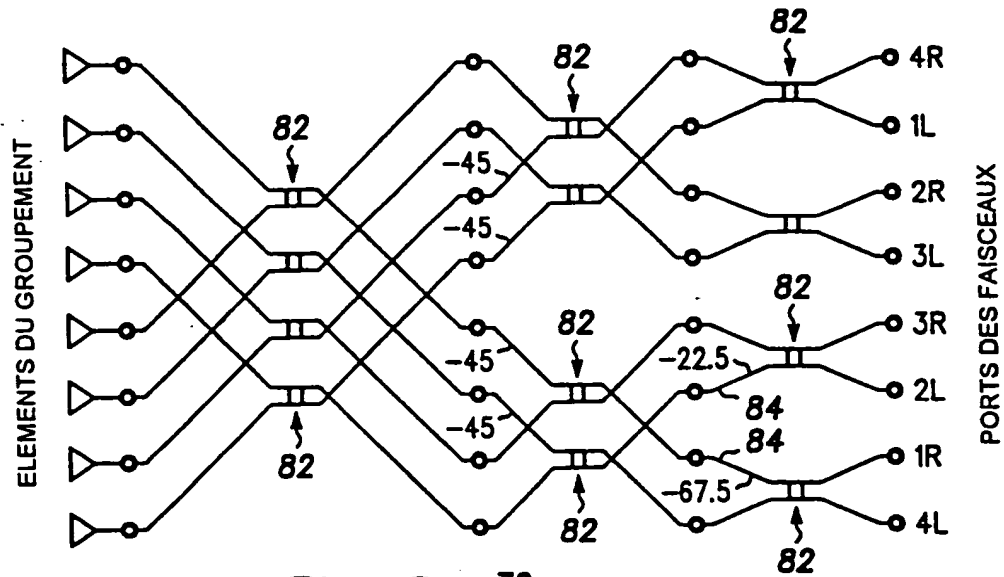
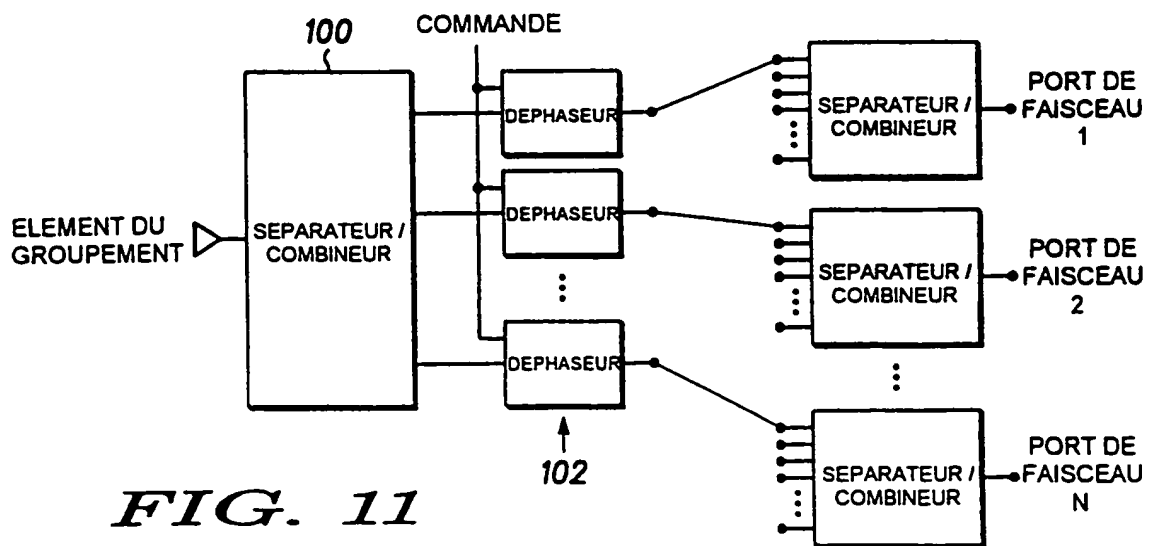
2/5

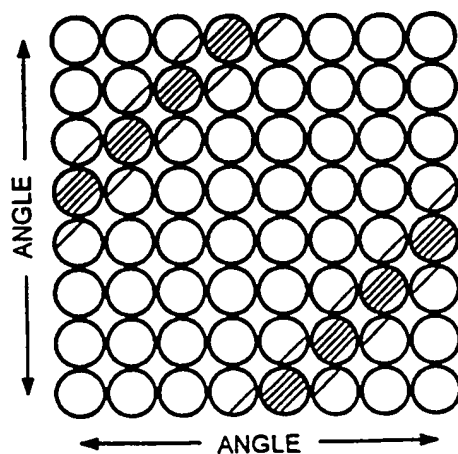
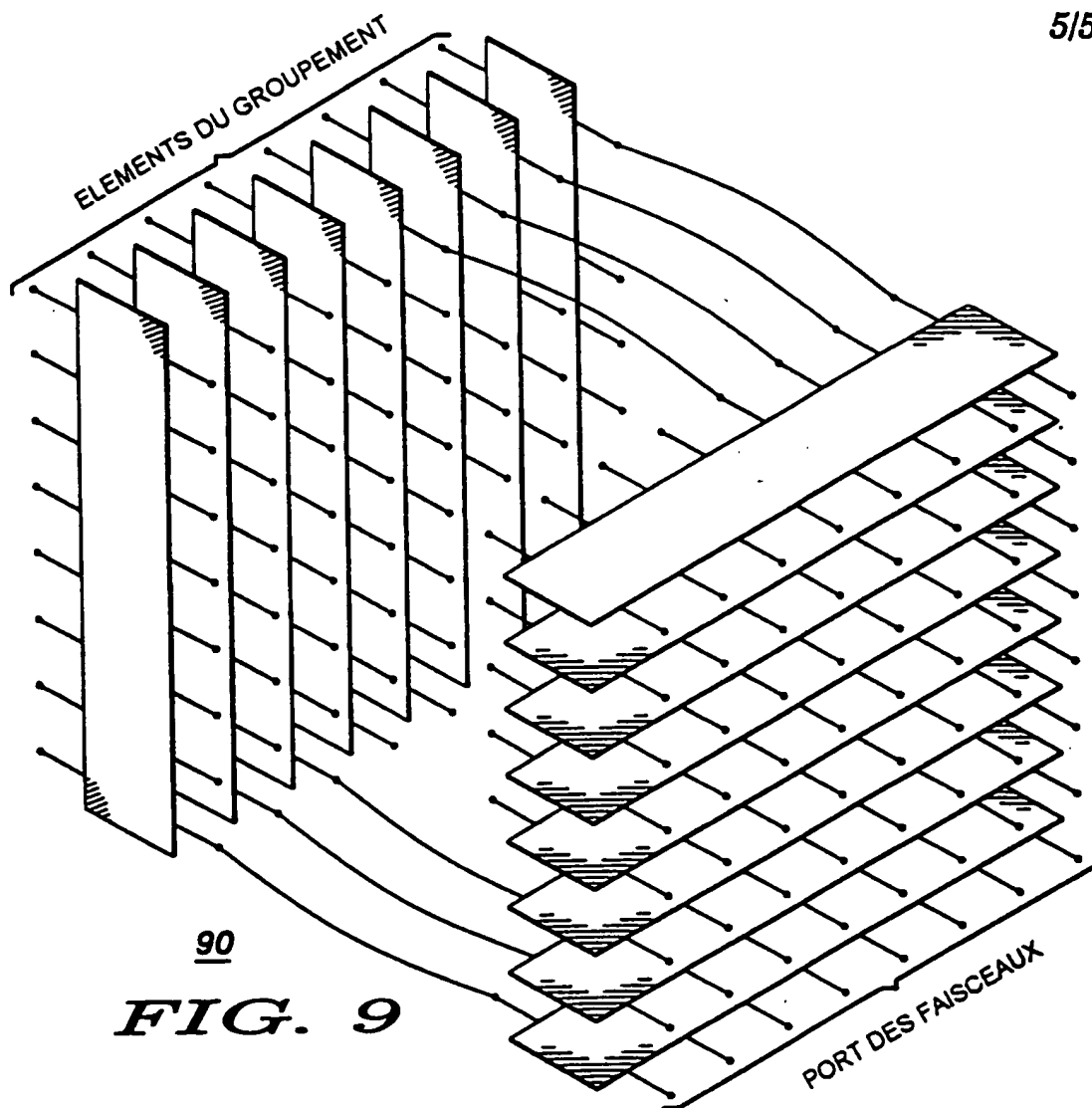
**FIG. 3** 30**FIG. 4** 40

3/5

**FIG. 5** 50**FIG. 6** 60**FIG. 7**

4/5

**FIG. 8** 70**FIG. 11**



THIS PAGE BLANK (USPTO)